

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНИЗОТРОПНЫХ ФИЛЬТРОВ В ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**А. В. Мартьянова**

*Институт радиоэлектроники и информационных технологий - РмФ УрФУ,*

*ОАО НПО Автоматики имени академика Н.А. Семихатова*

В данной статье предлагаются алгоритмы выделения границ, основанных на ортогональных преобразованиях двумерных сигналов. В качестве операторов преобразования используются анизотропные фильтры, определяющие границы в четырех направлениях. С помощью статистических характеристик полученных изображений определена эффективность анизотропных фильтров в решении задачи обработки радиолокационных изображений.

Ключевые слова: изображение, градиент, граница, яркость, фильтр, анизотропный фильтр, радиолокационный.

## USING ANISOTROPIC FILTERS IN RADAR IMAGES PROCESSING

**Martyanova A.V.**

*Institute of Radioelectronics and Information Technologies,*

*Academician Semikhatov Scientific-production Association of Automatics*

In given article algorithms of contours extraction are proposed, that based on two-dimensional discrete orthogonal transformations. Anisotropic filters is used as operator of transformation. They define contours in four directions. The modeling experiment results allow to determine the advantages and disadvantages of the filters in digital image processing.

Keywords: image, gradient, contour, brightness, filter, anisotropic filter, radar image.

### Введение

Дистанционные методы исследования окружающей среды – это многосложная и разносторонняя область науки и техники, переживающая период бурного развития. Современные дистанционные методы зондирования объектов, особенно космические, открыли качественно новый этап в информационном обеспечении исследований и разработок в науках о Земле и хозяйственной практике.

Данные дистанционного зондирования в настоящее время – это аэрокосмические снимки, которые представляются в цифровой форме в виде растровых изображений, поэтому проблематика обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли тесно связана с цифровой обработкой изображений [4].

Как известно, отличительная черта радиолокационных систем – возможность получения снимков с приемлемым для многих задач качеством вне зависимости от уровня освещенности и практически при любых метеоусловиях, тем самым обеспечивают активное дистанционное зондирование поверхности Земли [2]. Обработка данных дистанционного зондирования Земли включает предварительную обработку и улучшение изображений. В

процессе предварительной обработки изображения из данных удаляются систематические радиометрические и геометрические ошибки. Улучшение изображения позволяет преобразовать его в форму, наиболее удобную для визуального или машинного анализа и используется для того, чтобы подчеркнуть важнейшие признаки изображения и в дальнейшем облегчить задачу интерпретации данных [4].

### **Анизотропные фильтры выделения границ**

Для многих систем технического зрения выделение контрастных перепадов является одной из первых задач, решаемых при распознавании изображений. Это связано с интуитивным пониманием того, что в контурных линиях содержится большое количество информации [3].

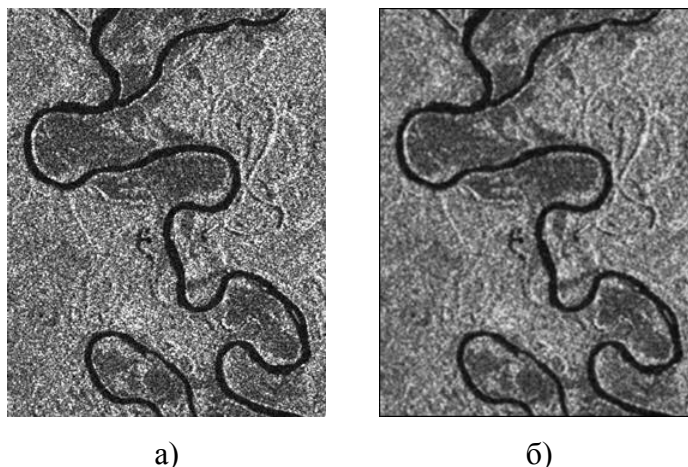
Основной целью обнаружения резких изменений яркости изображения является фиксация важных событий и изменений мира. Они могут отражать различные предположения о модели формирования изображения, изменения в яркости изображения могут указывать на:

- изменения глубины;
- изменения ориентации поверхностей;
- изменения в свойствах материала;
- различие в освещении сцены.

В идеальном случае, результатом выделения границ является набор связанных кривых, обозначающих границы объектов, граней и оттисков на поверхности, а также кривые, которые отображают изменения положения поверхностей. Таким образом, применение фильтра выделения границ к изображению может существенно уменьшить количество обрабатываемых данных, из-за того, что отфильтрованная часть изображения считается менее значимой, а наиболее важные структурные свойства изображения сохраняются. Однако не всегда возможно выделить границы в картинах реального мира средней сложности. Границы, выделенные из таких изображений, часто имеют такие недостатки как фрагментированность (кривые границы не соединены между собой), отсутствие границ или наличие ложных, не соответствующих исследуемому объекту, границ.

Для определения границ здесь применяются анизотропные фильтры, т. е. фильтры, определяющие контур только в определенных направлениях: операторы Робертса, Превитта, Собеля и Щарра. В качестве шага предобработки к выделению границ практически всегда применяется сглаживание изображения, обычно фильтром Гаусса [4].

В качестве тестового изображения был случайным образом выбран радиолокационный снимок спутника Radarsat (рисунок 1).



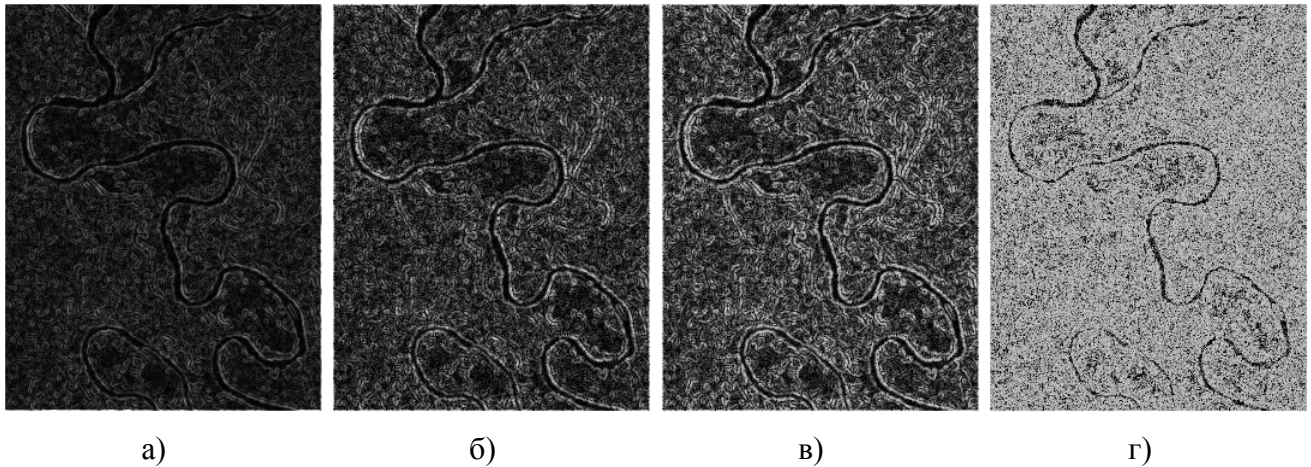
**Рисунок 1. Исходное изображение (а), сглаженное фильтром Гаусса (б)**

Рассматриваемые методы выделения границ основаны на определении краевых точек и малочувствительны к шумам и контрастности изображения, но требуют применения алгоритма объединения граничных точек, что не гарантирует замкнутости контуров. Они основываются на свойстве сигнала яркости – разрывности. Эффективным способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски. Процесс основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке изображения; в каждой точке отклик фильтра вычисляется с использованием предварительно заданных связей [1].

В качестве таких масок используются следующие операторы:

- Робертса -  $\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix};$
- Превитта -  $\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix};$
- Собеля -  $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix};$
- Щарра -  $\begin{bmatrix} -3 & -10 & -3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 3 & 10 & 3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -3 & 0 & 3 \\ -10 & 0 & 10 \\ -3 & 0 & 3 \end{bmatrix}.$

Для решения вопроса инвариантности в отношении поворота используются диагональные маски, предназначенные для обнаружения разрывов в диагональных направлениях. В результате были получены следующие изображения (рисунок 2).



**Рисунок 2. Результаты работы операторов Робертса (а), Превитта (б), Собеля (в) и Щарра (г)**

В задаче обработки изображений последние зачастую интерпретируются как случайные процессы двух переменных, т.е. как случайные поля [5]. Следствием чего является возможность применения статистических методов обработки информации для обработки изображений.

Для каждого изображения на рисунке 2 были подсчитаны такие статистические характеристики, как математическое ожидание, дисперсия и избыточность (относительная энтропия). Математическое ожидание (начальный момент) изображения  $A_{ij}$  размером  $N_i \times N_j$  элементов представляет собой средний уровень яркости и рассчитывается следующим образом

$$M = \frac{1}{N_i \cdot N_j} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_j} A_{ij}.$$

Дисперсия изображения – это мера отклонения от средней яркости, мера рассеяния яркости, которая вычисляется следующим образом:

$$\sigma = \sqrt{u_2},$$

где  $u_2 = m_2 - m_1^2$  – центральный момент,  $m_2 = \frac{1}{N_i \cdot N_j} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_j} A_{ij}^2$  – средний квадрат (второй момент).

Важность расчета относительной (перекрестной) энтропии или избыточности обусловлена тем, что ее минимизация используется для оценки вероятностей редких событий, т.е. контуров на изображении. Для ее расчета используется энтропия

$$I = - \sum_i p_i \log_2 p_i.$$

где  $p_i = P\{X = x_i\}$  - вероятность, с которой случайная величина  $X$  принимает значение  $x_i$ . А также энтропия при нормальном законе распределения

$$I_0 = \log_2(h_{\max} - h_{\min} + 1),$$

где  $h_{\max}$  и  $h_{\min}$  - максимальное и минимальное значения яркостей изображения.

Относительная энтропия показывает степень близости закона распределения к равномерному:

$$D = 1 - I/I_0.$$

В результате расчетов по вышеперечисленным формулам были получены значения, представленные в таблице 1.

**Таблица 1. Статистические характеристики результатов обработки**

|   | Математическое<br>ожидание | Дисперсия | Избыточность |
|---|----------------------------|-----------|--------------|
| Результат обработки оператором Робертса | 18                         | 58,2      | 0,94         |
| Результат обработки оператором Превитта | 51                         | 203,3     | 0,68         |
| Результат обработки оператором Собеля   | 71                         | 197,2     | 0,29         |
| Результат обработки оператором Щарра    | 142                        | 65535,9   | 0,94         |

## Выводы

Учитывая, что обработка радиолокационных изображений - это присутствие характерного спекл-шума и повышенное внимание к замкнутости контуров, в качестве этапа предобработки был применен фильтр Гаусса (рис.1,б). На представленном выше изображении видно, что неоднородность суши была сглажена без потерь границ реки.

После обработки сглаженного изображения анизотропными фильтрами были получены следующие результаты. Оператор Робертса при визуальной оценке выделяет сравнительно небольшое количество границ, что обуславливается отсутствием четко выраженного центрального элемента маски. При статистической оценке данный оператор имеет очень низкий уровень средней яркости и невысокую дисперсию, таким образом изображение кажется затененным, практически черным, на котором видно небольшое количество границ, а наличие высокой избыточности говорит о низкой вероятности редких событий, т.е. контуров. Операторы Превитта и Собеля визуально практически не отличаются, выделяют достаточное количество границ, прослеживается замкнутый контур реки. По статистическим оценкам видно, что при среднем уровне математического ожидания и дисперсии выделяется достаточно большое количество границ, а низкая избыточность, в особенности у оператора Собеля, говорит о большом количестве контурных линий. Оператор Щарра ввиду сравнительно больших коэффициентов ядра выделяет излишнее количество границ, которые сливаются между собой, но границы реки были определены благодаря слившимся между собой границам суши. По статистическим характеристикам можно судить, что при высоком математическом ожидании и дисперсии изображение содержит очень большое количество границ, изображение кажется засвеченным. Высокая избыточность здесь говорит об излишнем количестве выделенных границ.

Таким образом, высокий уровень избыточности продифференцированного изображения говорит либо об слишком малом, либо о слишком большом количестве границ. Уровни же математического ожидания и дисперсии для оптимального выделения границ должны быть средними: 40-80 для математического ожидания и 180-210 для дисперсии. Стоит отметить, что статистический анализ может быть выполнен не только для изображения в целом, как представлено здесь, но и для любого заданного фрагмента, что и будет реализовано при дальнейших исследованиях.

### **Список литературы**

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072с.
2. Коберниченко В.Г., Иванов О.Ю. Принципы построения и обработка информации в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга. Конспект лекций; Уральский государственный технический университет – УПИ. - Екатеринбург: Изд-во Уральского государственного технического университета, 2007. – 170 с.
3. Краснобаев А.А. Обзор алгоритмов детектирования простых элементов изображения и анализ возможности их аппаратной реализации [Электронный ресурс]; ИПМ им.

М.В. Келдыша      РАН.      М.,      2005.      Режим      доступа:  
[http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep114/prep2005\\_114.html#\\_Toc1211514](http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep114/prep2005_114.html#_Toc1211514)

4.    Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / О. С. Токарева; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 148с.
5.    Яншин В.В., Калинин Г.А. Обработка изображений на языке Си для IBM PC: Алгоритмы и программы. – М.: Мир, 1994. – 240с.